



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 18 469 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
B 23 K 26/00
B 29 C 67/00

⑳ Aktenzeichen: 198 18 469.7
㉔ Anmeldetag: 24. 4. 98
㉕ Offenlegungstag: 29. 10. 98

DE 198 18 469 A 1

③0 Unionspriorität:

P 9-108686 25. 04. 97 JP
P 10-47719 27. 02. 98 JP

㉗ Anmelder:

Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

㉘ Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

㉚ Erfinder:

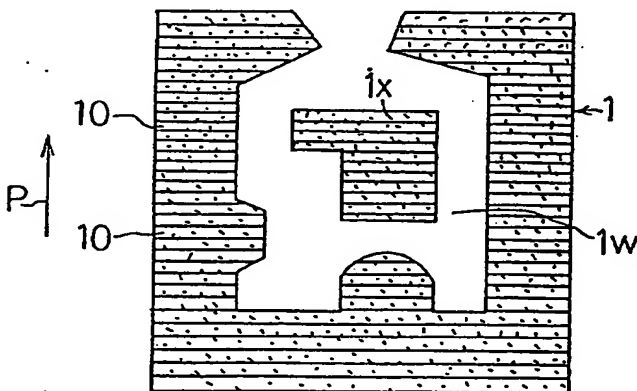
Otsuka, Yukio, Toyota, Aichi, JP; Ozaki, Motoaki,
Toyota, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Herstellung eines geschichteten Gegenstandes

⑤7 Es wird ein Verfahren zum wechselweisen Wiederholen eines Ablagerungsschritts und eines Bestrahlungsschritts offenbart, so daß zur Herstellung eines dreidimensionalen geschichteten Gegenstands (1) feste Schichten (10) in einer Dickenrichtung aufeinandergeschichtet werden. In einem Bestrahlungsschritt wird eine Ablagerungsschicht zur Bildung der festen Schicht (10) mit einem Laserstrahl bestrahlt. Der Bestrahlungsschritt hat die folgenden Arbeitsschritte, wonach einem Hautabschnitt des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands (1) ein unterschiedlicher Laserstrahldurchmesser zugewiesen wird; und zur Formung des inneren Abschnitts des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands (1) ein dicker Laserstrahl mit einem großen Durchmesser und zur Formung des Hautabschnitts des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands (1) ein dünner Laserstrahl mit einem Durchmesser, der kleiner ist als der des dicken Laserstrahls, ausgestrahlt wird.



DE 198 18 469 A 1

Beschreibung

Diese Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen geschichteten Gegenstands, wie etwa Gießformen, indem durch Anwendung eines Laserstrahls gebildete feste Schichten aufeinandergeschichtet werden.

Unlängst ist eine Technologie zur Herstellung eines dreidimensionalen geschichteten Gegenstands entwickelt worden. Diese ist in der japanischen ungeprüften Patentveröffentlichung (KOKAI) Nr. 3-1 83 530 und in dem US-Patent Nr. 42 47 508 offenbart. In dieser Technologie wird ein Laserstrahl auf ein Material, wie etwa harzbeschichteter Sand, ausgestrahlt, um eine feste Schicht zu bilden, wobei eine Vielzahl fester Schichten in einer Dickenrichtung aufeinandergeschichtet werden, um den dreidimensionalen geschichteten Gegenstand herzustellen.

In dieser Technologie wird der Laserstrahl auf das Material ausgestrahlt, um eine Zielform zu erreichen, wobei, wie in Fig. 16 gezeigt, in einem Hautabschnitt 101 der festen Schicht 100 konvexe Abschnitte 101a gebildet werden, die einem Durchmesser des Laserstrahls entsprechen. Da auf diese Weise der Durchmesser des Laserstrahls die Formgenauigkeit des Hautabschnitts 101 beeinflusst, ist ein kleiner Durchmesser festzulegen. Daher ist in dieser Technologie eine Zunahme einer Bestrahlungsfläche begrenzt, da zur Ausbildung einer festen Schicht eine lange Bestrahlungszeitdauer erforderlich ist, wodurch die Herstellungsproduktivität des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands begrenzt ist.

Die vorliegende Erfindung ist im Hinblick auf die oben erwähnten Umstände entwickelt worden. Es ist daher ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zu schaffen, das vorteilhaft ist, um eine Formgenauigkeit eines Hautabschnitts eines dreidimensionalen geschichteten Gegenstands sicherzustellen und um zur Verbesserung der Produktivität eine Laserbestrahlungszeitdauer zu verringern.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wiederholt das Verfahren wechselweise einen Ablagerungsschritt und einen Bestrahlungsschritt, um die festen Schichten zur Erzeugung eines dreidimensionalen geschichteten Gegenstands in einer Dickenrichtung aufeinanderzuschichten. In dem Ablagerungsschritt wird ein Material, das unter Aufnahme eines Laserstrahls eine feste Schicht ausbilden kann, abgelagert, um eine Ablagerungsschicht zu bilden. In dem Bestrahlungsschritt wird zur Ausbildung der festen Schicht die Ablagerungsschicht mit dem Laserstrahl bestrahlt.

Der Bestrahlungsschritt weist die folgenden Arbeitsvorgänge auf, wonach einem Hautabschnitt des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands und einem inneren Abschnitt des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands ein unterschiedlicher Laserstrahldurchmesser zugewiesen wird; und zur Formung des inneren Abschnitts des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands ein dicker Laserstrahl mit einem großen Durchmesser und zur Formung des Hautabschnitts des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands ein dünner Laserstrahl mit einem Durchmesser, der kleiner ist als der des dicken Laserstrahls, ausgestrahlt wird.

Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird weiterhin der dicke Laserstrahl ausgestrahlt, um den inneren Abschnitt des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands zu bilden, wodurch zur Verbesserung der Produktivität die Bestrahlungszeitdauer zur Ausbildung des inneren Abschnitts des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands gesenkt wird.

Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird der dünne Laserstrahl ausgestrahlt, um den Hautab-

schnitt des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands zu bilden, wodurch eine Formgenauigkeit des Hautabschnitts des dreidimensionalen Gegenstands sichergestellt wird.

Der zweite Aspekt der vorliegenden Erfindung bezieht sich auf eine gemeinsame Laserquelle zum Ausstrahlen von sowohl dem dicken Laserstrahl als auch dem dünnen Laserstrahl, wodurch die Kosten für eine Laserausrüstung vorteilhafterweise gesenkt werden.

Der dritte Aspekt der vorliegenden Erfindung bezieht sich auf eine Laserquelle zum Zuführen des dicken Laserstrahls und auf eine weitere Laserquelle zum Zuführen des dünnen Laserstrahls. Gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann sowohl der dicke Laserstrahl als auch der dünne Laserstrahl gleichzeitig ausgestrahlt werden, wodurch die Bestrahlungszeitdauer vorteilhafterweise gesenkt wird. Ebenso kann gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung sowohl der dicke Laserstrahl als auch der dünne Laserstrahl zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgestrahlt werden.

Geeignete Betriebsweise

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird dem Hautabschnitt des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands und dem inneren Abschnitt des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands ein unterschiedlicher Strahldurchmesser zugewiesen. Die Begriffe "dick" und "dünn" beziehen sich auf ein Strahldurchmesser-Relativverhältnis. Der Strahldurchmesser des dünnen Laserstrahls ist kleiner als der des dicken Laserstrahls. Ein Durchmesser des dünnen Laserstrahls und ein Durchmesser des dicken Laserstrahls können in Abhängigkeit von den Arten des Laserstrahls, der Größe des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands, den Arten des dreidimensionalen geschichteten Gegenstand ausbildenden Materials, der Ablenkungsgeschwindigkeit des Laserstrahls, der erforderlichen Produktivität oder dergleichen ausgewählt werden. Der Durchmesser des dünnen Laserstrahls kann beispielsweise 0,01 bis 1,0 mm, 0,1 bis 0,3 mm sein. Der Durchmesser des dicken Laserstrahls kann beispielsweise 0,3 bis 50 mm, 2 bis 10 mm sein. Der Durchmesser ist nicht innerhalb dieser Ausmaße begrenzt. Der dicke Laserstrahl kann einen vergrößerten Durchmesser aufweisen, der durch Anwendung eines mit einer Ausweillinse versehenen Ausweitsystems ausgeweitet ist.

Die vorliegende Erfindung kann eine bevorzugte Betriebsweise aufweisen, in der der dicke Laserstrahl und der dünne Laserstrahl mittels einer gemeinsamen Laserquelle zugeführt werden. In dieser bevorzugten Betriebsweise wird ein mittels der gemeinsamen Laserquelle zugeführter Laserstrahl mit Hilfe einer Strahlteilungseinrichtung in eine Vielzahl von Strahlen aufgeteilt. Die Strahlteilungseinrichtung kann ein Strahlteiler, ein Prisma oder dergleichen sein. Im Falle des Strahlteilers mit einer durch Aufschichten von beschichteten Filmen gebildeten Struktur kann eine Anpassung in der Dicke des beschichteten Films ein angestrebtes Verhältnis in der Teilung des dicken Strahls in eine Vielzahl von Strahlen erzeugen.

Die vorliegende Erfindung kann eine weitere bevorzugte Betriebsweise haben, in der der dicke Laserstrahl mit Hilfe einer Laserquelle zugeführt wird, wobei der dünne Laserstrahl mit Hilfe einer anderen Laserquelle zugeführt wird. Diese bevorzugte Betriebsweise gestattet es, daß eine Laserquelle mit einer größeren Leistung den dicken Laserstrahl ausstrahlt und eine Laserquelle mit einer kleineren Leistung den dünneren Laserstrahl ausstrahlt.

Die vorliegende Erfindung kann den dünnen Laserstrahl gleichzeitig auf Abschnitte ausstrahlen, die an den mit Hilfe des dicken Laserstrahls bestrahlten Abschnitten angrenzen.

Ebenso kann die vorliegende Erfindung gleichzeitig den dünnen Laserstrahl auf Abschnitte ausstrahlen, die von den mittels des dicken Laserstrahls bestrahlten Abschnitten beabstandet sind.

Wenn in einer bevorzugten Betriebsweise der vorliegenden Erfindung Q1 eine mit Hilfe des dicken Laserstrahls ausgestrahlte Gesamtenergie pro Flächeneinheit wiedergibt und wenn Q2 eine mittels des dünnen Laserstrahls ausgestrahlte Gesamtenergie pro Flächeneinheit wiedergibt, ist Q1 vorzugsweise in der Nähe von Q2, und zwar im Hinblick darauf, eine Ungleichmäßigkeit beim Härten der festen Schicht zu unterdrücken. Insbesondere ist Q1 im wesentlichen gleich groß wie Q2 ($Q1 = Q2$).

Wenn daher im Falle, daß die Energiedichte des dünnen Laserstrahls größer ist als die des dicken Laserstrahls, V1 eine Ablenkungsgeschwindigkeit des dicken Laserstrahls und V2 eine Ablenkungsgeschwindigkeit des dünnen Laserstrahls wiedergibt, ist V1 kleiner als V2, um ein Verhältnis zu verwirklichen, wonach Q1 im wesentlichen gleich groß ist wie Q2.

Wenn beispielsweise der dicke Laserstrahl eine Leistung von 1000 W und einen Strahldurchmesser von 5 mm hat und der dünne Laserstrahl eine Leistung von 50 W und einen Strahldurchmesser von 0,2 mm hat, ergibt sich ein Verhältnis von $1000/5^2 < (50/0,2^2)$. Die Nenner 5^2 und $0,2^2$ beziehen sich auf eine Strahlpunktfläche. Dieser Fall zeigt, daß die von dem dünnen Laserstrahl pro Flächeneinheit ausgestrahlte Energie größer ist als die von dem dicken Laserstrahl pro Flächeneinheit ausgestrahlte Energie. Somit zeigt dieser Fall an, daß die Ablenkungsgeschwindigkeit V2 des dünnen Laserstrahls größer als die Ablenkungsgeschwindigkeit V1 des dicken Laserstrahls festgelegt ist ($V2 < V1$).

In Abhängigkeit von verschiedenartigen Bedingungen kann eine bevorzugte Betriebsweise der vorliegenden Erfindung durch die folgenden Beziehungen dargelegt werden: $V1 = V2$, $V1 > V2$.

Im Falle, daß die Energiedichte des dünnen Laserstrahls größer ist als die des dicken Laserstrahls, kann die des dicken Laserstrahls während der Bestrahlungswiederholungen größer gemacht werden als die des dünnen Laserstrahls.

Die vorliegende Erfindung kann Körner, Pulver, wie etwa harzbeschichteter Sand, und ein verflüssigtes Harz als Material verwenden, das unter Aufnahme des Laserstrahls die feste Schicht ausbilden kann. Der Harz kann ein wärmehärtender Harz sein. Die vorliegende Erfindung kann einen bekannten Laserstrahl, wie etwa einen ZO_2 -Laserstrahl, einen JAG-Laserstrahl, einen Ar-Laserstrahl, einen Rubinlaserstrahl oder einen Excimer-Laserstrahl verwenden. Der Strahl kann sichtbar oder unsichtbar sein.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Es zeigen:

Fig. 1 eine Raumansicht eines dreidimensionalen geschichteten Gegenstands;

Fig. 2 eine Schnittansicht des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands;

Fig. 3 eine Schnittansicht eines dreidimensionalen Modells;

Fig. 4 eine Schnittansicht eines Grundmodells einer Scheibe;

Fig. 5 eine Schnittansicht eines Hautschichtmodells einer Scheibe;

Fig. 6(A) eine Draufsicht, die eine mit Hilfe eines dicken Laserstrahls und eines dünnen Laserstrahls bestrahlte Struktur zeigt;

Fig. 6(B) eine Schnittansicht einer Sandschicht;

Fig. 7 eine Strukturansicht einer mittels eines dicken La-

serstrahls und eines dünnen Laserstrahls bestrahlten Struktur; Fig. 8 eine weitere Strukturansicht einer weiteren mittels eines dicken Laserstrahls und eines dünnen Laserstrahls bestrahlten Struktur;

Fig. 9(A) bis (D) Strukturansichten zur Erläuterung eines Vergleichsbeispiels;

Fig. 9(A) eine Strukturansicht zur Erläuterung von Scheibenmodellen in dem dreidimensionalen Modell;

Fig. 9(B) eine Schnittansicht zur Erläuterung eines Hautschichtmodells in dem Scheibenmodell 40X in dem dreidimensionalen Modell;

Fig. 9(C) eine Strukturansicht zur Erläuterung einer Unstetigkeit zwischen Scheibenmodellen in dem dreidimensionalen Modell;

Fig. 9(D) eine Schnittansicht zur Erläuterung eines Hautschichtmodells in dem Scheibenmodell 40Y in dem dreidimensionalen Modell;

Fig. 10 ein Fließbild einer Reihenfolge von Arbeitsvorgängen;

Fig. 11 eine Seitenansicht der Struktur von Beispiel 1;

Fig. 12 eine Draufsicht der Struktur von Beispiel 1;

Fig. 13 eine Seitenansicht einer Struktur von Beispiel 2;

Fig. 14 eine Seitenansicht einer Struktur von Beispiel 3;

Fig. 15 eine Seitenansicht einer Struktur von Beispiel 4;

und

Fig. 16 eine Strukturansicht von konvexen Abschnitten eines Hautabschnitts in einem dreidimensionalen geschichteten Gegenstand.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

Die bevorzugten Ausführungsbeispiele werden nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beschrieben.

Aufbau des Ausführungsbeispiels

Fig. 1 zeigt einen Entwurf eines anhand des bevorzugten Ausführungsbeispiels erzeugten dreidimensionalen geschichteten Gegenstands. Fig. 2 zeigt eine Schnittansicht des zu erzeugenden dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1. Der dreidimensionale geschichtete Gegenstand 1 wird durch Aufeinanderschichten einer Vielzahl von festen Schichten 10 (Dicke: 0,1 bis 0,3 mm) in einer Schichtrichtung – eine Richtung P – ausgebildet, wodurch eine Gießform ausgebildet wird. Der geschichtete Gegenstand 1 hat einen inwendig angeordneten mittleren Formabschnitt 1x und eine als ein Formungshohlraum dienende Aushöhlung 1w, die mit einer Aluminium- oder Eisenlegierungsschmelze zu füllen ist.

Das Ausführungsbeispiel macht eine Erläuterung eines dreidimensionalen Modells 4 erforderlich, das dem gemäß Fig. 3 tatsächlich erzeugten geschichteten Gegenstand entspricht. Das dreidimensionale Modell 4 ist so ausgebildet, daß eine Vielzahl von dünnen Scheibenmodellen 40 aufeinander geschichtet ist, von denen jedes einer festen Schicht 10 entspricht. Gemäß Fig. 3 ist das dreidimensionale Modell 4 aus einem Grundkörper des Modells 4 darstellenden dreidimensionalen Grundkörper 41 und aus einer lediglich eine dreidimensionale Kontur des Modells 4 darstellende dreidimensionale Hautschicht 42 ausgebildet. Eine Dicke der dreidimensionalen Hautschicht 42 ist entsprechend einer Größe eines geschichteten Gegenstands 1 hin nach Bedarf ausgewählt und hat beispielsweise 0,3 bis 5 mm (0,6 mm).

Dem Modell 4 wird nachstehend beispielhaft eine entlang der Linie U1-U1 aus Fig. 3 in dem dreidimensionalen Modell 4 gelegenes Scheibenmodell 40 herausgenommen. Es ist durchgeschnitten. Fig. 4 zeigt schraffiert eine zweidimensionale Grundform des Grundmodells 45 der Scheibe.

In Fig. 4 gleicht der schraffierte Gesamtbereich 45a, 45b, 45c dem mit einem dicken Laserstrahl M1 mit einem großen Strahldurchmesser bestrahlten Bereich.

Fig. 5 zeigt schraffiert ein Hautschichtmodell 46 der Scheibe mit einer zweidimensionalen Hautform. In Fig. 5 gleicht die schraffierte Hautschicht 46a-46f-46h dem mit einem dünnen Laserstrahl M2 mit einem kleinen Strahldurchmesser bestrahlten Bereich.

Wie aus Fig. 6(B) hervorgeht, wird gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel vor dem Bestrahlen durch die Laserstrahlen M1, M2 eine als eine Ablagerungsschicht wirkende Sandschicht 50 durch Ablagern von harzbeschichtetem Sand 50c an einer Absetzoberfläche ausgebildet.

Das vorliegende Ausführungsbeispiel berechnet eine Ablenkspur zum Ablenken des dicken Laserstrahls M1 anhand der Daten des Grundmodells 45 der Scheibe und berechnet eine Ablenkspur zum Ablenken des dünnen Laserstrahls M2 anhand der Daten des Hautschichtmodells 46 der Scheibe. Das vorliegende Ausführungsbeispiel gestattet, daß der dicke Laserstrahl M1 und der dünne Laserstrahl M2 anhand der berechneten Ablenkspur auf der Sandschicht 50 abgelenkt werden. Dementsprechend zeigt Fig. 6(A) eine auf der mit den Laserstrahlen M1, M2 bestrahlten Sandschicht 50 ausgebildeten Struktur. Diese Struktur kann mittels der Laserstrahlen M1, M2 gleichzeitig oder zu unterschiedlichen Zeitpunkten bestrahlt werden.

Da die Sandschicht 50 mit den Laserstrahlen M1, M2 bestrahlt wird, wird das Harz im harzbeschichteten Sand 50c gehärtet, wodurch der angrenzende harzbeschichtete Sand 50c verbunden wird, um eine feste Schicht 10 auszubilden. In der Sandschicht 50 wird ein Bereich 50k, der in Fig. 6(A) gezeigt ist und der nicht mit den Laserstrahlen M1, M2 bestrahlt worden ist, nicht gehärtet. Demnach erzeugt das Entfernen des Bereiches 50k eine Aushöhlung, die als ein Formungshohlraum wirkt.

Die vorbeschriebene Erläuterung bezieht sich auf das Scheibenmodell 40, das entlang der Linie U1-U1 aus Fig. 3 angeordnet ist. Die gleiche Erläuterung ist auf das andere Scheibenmodell anwendbar, das entlang der Linie U2-U2 oder dergleichen in Fig. 3 angeordnet ist.

Gemäß Fig. 7 gestattet das vorliegende Ausführungsbeispiel Teilüberlappungen, die zwischen Abschnitten, die mit dem einen Strahldurchmesser D1 aufweisenden dicken Laserstrahl M1 bestrahlt sind, und Abschnitten erzeugt sind, die mit dem einen Strahldurchmesser D2 aufweisenden dünnen Laserstrahl M2 bestrahlt worden sind. Ebenso gestattet es gemäß Fig. 8 das vorliegende Ausführungsbeispiel, daß Überlappungen zwischen Abschnitten, die mit dem einen Strahldurchmesser D1 aufweisenden dicken Laserstrahl M1 bestrahlt sind, und den Abschnitten nicht erzeugt werden, die mit dem einen Laserstrahl D2 aufweisenden Laserstrahl M2 bestrahlt worden sind.

Wie aus den Fig. 7, 8 verständlich ist, kann eine Bestrahlung oder wenige Bestrahlungs-Wiederholungen Abschnitte 1r mit unzureichender Härte verursachen, die nicht mit Laserstrahlen M1, M2 bestrahlt worden sind. In diesem Falle gestattet das vorliegende Ausführungsbeispiel, daß bei der Bestrahlung der Laserstrahlen M1, M2 Wiederholungen erhöht werden. Ebenso gestattet es das vorliegende Ausführungsbeispiel, daß die Abschnitte 1r unzureichender Härte unter Anwendung von Heizeinrichtungen, wie etwa Öfen und Flammen, zu beheizen sind.

Im Falle, daß die Abschnitte 1r unzureichender Härte keine Behinderung verursachen, gestattet es das vorliegende Ausführungsbeispiel, daß die Abschnitt 1r unzureichender Härte - so wie sie sind - verbleiben.

Nach der Erläuterung des dreidimensionalen Grundkörpers 41, der die Grundform des dreidimensionalen Modells

4 definiert, und nach der Erläuterung der dreidimensionalen Hautschicht 42, die den Hautabschnitt des dreidimensionalen Modells 4 definiert, wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel auf das Scheibenmodell 40 mit im wesentlichen zweidimensionaler Form eingegangen. Die durch das vorliegende Ausführungsbeispiel, das ein solches Verfahren durchlaufen hat, bewirkten Vorteile werden nachstehend beschrieben.

Fig. 9(A), das ein Vergleichsbeispiel veranschaulicht, zeigt das dreidimensionale Modell 4X, das - im Unterschied zur Fig. 3 - die vorbeschriebene dreidimensionale Hautschicht 42 nicht hat. Fig. 9(A) zeigt ebenso ein entlang der Linie U10-U10 angeordnetes Scheibenmodell 40X und ein entlang der Linie U11-U11 angeordnetes Scheibenmodell 40Y. Fig. 9(B) zeigt eine Schnittansicht des Scheibenmodells 40X und die schraffierten Hautschichten 46Xa-46Xf-46Xh in dem Scheibenmodell 40X. Fig. 9(D) zeigt eine Schnittansicht des unter dem Scheibenmodell 40X angeordneten Scheibenmodells 40Y und die schraffierten Hautschichten 46Ya-46Yf-46Yh in dem Scheibenmodell 40Y. Fig. 9(C), das das Vergleichsbeispiel veranschaulicht, zeigt die Schichten-Struktur, in der die in Fig. 9(B) und Fig. 9(C) gezeigten Scheibenmodelle aufeinander geschichtet sind. Wie aus Fig. 9(C) hervorgeht, wird in einem mit Pfeil K1 gezeigten Bereich eine Schnittform des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands plötzlich und diskontinuierlich geändert. Somit verursacht der mit Pfeil K1 angezeigte Bereich dahingehend ein Problem, daß zwischen der Hautschicht 46Xc und der Hautschicht 46Yc eine Unstetigkeit erzeugt wird, wodurch ein Mangel in der Herstellung eines dreidimensionalen geschichteten Gegenstands verursacht wird.

Andererseits erfordert das vorliegende Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 nach dem Verständnis der dreidimensionalen Hautschicht 42 das Verständnis des zweidimensionalen Scheibenmodells 40. Demnach wird gemäß Fig. 3 in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Hautschicht in einem mit Pfeil K1' angezeigten Bereich kontinuierlich gehalten, wodurch - im Unterschied zur in Fig. 9(C) gezeigten Unstetigkeit - das vorbeschriebene Problem, wonach die Hautschicht diskontinuierlich ist, gelöst wird.

Fig. 10 zeigt ein Verfahren zur Herstellung des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1. In Schritt S2 wird eine Zielform und eine Zielgröße des dreidimensionalen Modells anhand des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1 bestimmt, der im Hinblick auf eine Ausdehnungsrate oder dergleichen zu erzeugen ist. In Schritt S4 wird der dreidimensionale Grundkörper 41 in dem dreidimensionalen Modell 4 bestimmt. In Schritt S6 wird das zweidimensionale Grundmodell 45 einer Scheibe anhand des dreidimensionalen Grundkörpers 41 bestimmt. In Schritt S8 wird eine Ablenkspur für den dicken Laserstrahl anhand des Grundmodells 45 der Scheibe berechnet. In Schritt S10 wird der dicke Laserstrahl anhand der Ablenkspur ausgestrahlt. In Schritt S20 wird die dreidimensionale Hautschicht 42 in dem dreidimensionalen Modell 4 bestimmt. In Schritt S22 wird das zweidimensionale Hautschichtmodell 46 der Scheibe anhand der dreidimensionalen Hautschicht 42 bestimmt. In Schritt S24 wird eine Ablenkspur für den dünnen Laserstrahl anhand des Hautschichtmodells 46 der Scheibe berechnet. In Schritt S26 wird der dünne Laserstrahl anhand der Ablenkspur ausgestrahlt. In Schritt S30 wird die feste Schicht 10 um eine Dicke von einer festen Schicht 10 abgesenkt. In Schritt S32 bestimmt die Steuereinrichtung, ob der dreidimensionale geschichtete Gegenstand 1 vollendet ist oder nicht. Wenn ja, dann wird der dreidimensionale geschichtete Gegenstand 1 zurückgezogen. Wenn nein, dann kehrt die Steuereinrichtung zu den

Schritten S6, S22 zurück. Das vorliegende Ausführungsbeispiel gestattet es der Steuereinrichtung, die Schritte S4 bis S10 und die Schritte S20 bis S26 gleichzeitig durchzuführen.

Wirkung des Ausführungsbeispiels

Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist in der Herstellung des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1 dem Hautabschnitt und dem inneren Abschnitt ein unterschiedlicher Laserstrahldurchmesser zugeordnet. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird nämlich der einen großen Durchmesser aufweisende dicke Laserstrahl M1 zur Formung des inneren Abschnitts des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1 ausgestrahlt, wobei zur Formung des Hautabschnitts des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1 der dünne Laserstrahl M2 mit einem kleineren Durchmesser ausgestrahlt wird.

In einer solchen Weise wird der ein größeres Volumen aufweisende innere Abschnitt in dem dreidimensionalen geschichteten Gegenstand 1 mit dem eine größere Punktfläche aufweisenden Dickenlaserstrahl M1 bestrahlt; so daß während der Formung des inneren Abschnitts des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1 die Bestrahlungszeitdauer gekürzt ist, wodurch die Produktivität während der Herstellung des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1 verbessert wird.

Da ferner die Hautschicht des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1 unter Anwendung des dünnen Laserstrahls M2 gebildet wird, wird eine Formgenauigkeit im Hautabschnitt des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1 sichergestellt.

Selbst wenn aufgrund einer Nicht-Bestrahlung der Laserstrahlen M1, M2 die Abschnitte 1r unzureichender Härte erzeugt werden, werden die Abschnitte 1r unzureichender Härte unter Anwendung weiterer Heizeinrichtungen, wie etwa Öfen oder Flammen, gehärtet, wodurch die Härte des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1 vorteilhaft teilweise verbessert ist.

Beispiel 1

Die Fig. 11, 12 zeigen Beispiel 1, in welchem ein befestigter Rahmen 6 einen Hubtisch 60 hat, der mittels einer Hubeinrichtung 61 in Richtungen Y1, Y2 angehoben und gesenkt werden kann. Eine Ablagerungsvorrichtung 7 zur Ablagerung des harzbeschichteten Sands 50c ist angeordnet, um sich in einer Richtung C1, einer Sandablagerungsrichtung, und in einer Richtung C2, einer Rückführrichtung, horizontal zu bewegen. Die Ablagerungsvorrichtung 7 hat einen Behälter 70, der den harzbeschichteten Sand 50c speichert, einen an dem Boden des Behälters 70 angeordneten drehbaren Schneideroller 71 und eine zum Behälter 70 benachbarte Abstrichplatte 72. Eine Hauptstrahlvorrichtung 80 ist über dem befestigten Rahmen 60 angeordnet, um einen Laserstrahl M1 mit einem großen Strahldurchmesser auszustrahlen, und hat einen (nicht gezeigten) Einbau-Drehspiegel zur fortlaufenden Änderung eines Ausstrahlwinkels. Es ist eine Laserquelle 82 (CO₂-Laser mit großer Leistung: 5 KW-10 KW) angeordnet, um einen dicken Laserstrahl M1 über Reflektierspiegel 81 zu der Hauptstrahlvorrichtung 80 auszustrahlen.

Ein beweglicher XY-Schreiber 9 ist benachbart zum befestigten Rahmen 6 angeordnet. Der XY-Schreiber 9 hat einen X-Wanderabschnitt 91, der sich entlang einer in einer Richtung X angeordneten Führungsschiene 90 in Richtungen X1, X2 bewegen kann; einen Y-Wanderabschnitt 92, der sich in Richtungen Y1, Y2 bewegen kann und mit dem

X-Wanderabschnitt 91 ausgerüstet ist; und eine Neben-Strahlvorrichtung 93, die mit dem Y-Wanderabschnitt 92 ausgestattet ist. Die Neben-Strahlvorrichtung 93 ist an einer Position angeordnet, die niedriger ist als die der Hauptstrahlvorrichtung 80 und die den dünnen Laserstrahl M2 mit einem kleinen Strahldurchmesser auszustrahlen kann. Es ist eine Neben-Laserquelle 94 (CO₂-Laser mit geringer Leistung: 50 W-100 W) angeordnet, um den Laserstrahl zu der Neben-Strahlvorrichtung 93 auszustrahlen. Der XY-Schreiber 9 bewegt die Neben-Strahlvorrichtung 93 zweidimensional in die Richtungen X, Y und ist vorteilhaft im Ausstrahlen des Laserstrahls auf einen großen Bereich ohne Verzerrung, und zwar im Unterschied zu einem System mit einem Drehspiegel.

Zunächst wird die Ablagerungsvorrichtung 7 entlang der Führungsschiene 77 in der Richtung C1 bewegt, während der Schneideroller 71 gedreht wird. Dann entlädt die Ablagerungsvorrichtung 7 den harzbeschichteten Sand 50c von einem Auslaß 75 des Behälters 70 über Nuten 71c des Schneiderollers 71 nach außen, wodurch der harzbeschichtete Sand 50c an der oberen Oberfläche des Hubtisches 60 abgelagert wird, um eine Sandschicht 50 mit einer Dicke von 0,1 bis 0,3 mm zu bilden. Die Abstrichplatte 72 wird mit dem Behälter 70 in die gleiche Richtung bewegt, wodurch eine obere Oberfläche der Sandschicht 50 abgeglichen wird. Danach kehrt die Ablagerungsvorrichtung 7 in der Richtung C2 zurück, wodurch der Ablagerungsschritt beendet wird.

Anschließend strahlt die Hauptstrahlvorrichtung 80 den dicken Laserstrahl M1 mit einem großen Strahldurchmesser auf einen bestimmten Bereich der Sandschicht 50 aus, wodurch der erste Bestrahlungsvorgang durchgeführt ist. Während der XY-Schreiber 9 in den Richtungen X, Y bewegt wird, strahlt auch die Neben-Strahlvorrichtung 93 den dünnen Laserstrahl M2 mit einem kleinen Strahldurchmesser auf einen weiteren bestimmten Bereich der Sandschicht 50 aus, so daß der zweite Bestrahlungsvorgang durchgeführt wird, wodurch der Bestrahlungsschritt beendet ist.

Beispiel 1 kann gleichzeitig den ersten Bestrahlungsvorgang zur Ausstrahlung des dicken Laserstrahls M1 und den zweiten Bestrahlungsvorgang zur Ausstrahlung des dünnen Laserstrahls M2 vornehmen. Wenn der XY-Schreiber 9 den Laserstrahl M1 unterbricht, kann Beispiel 1 den ersten Bestrahlungsvorgang und den zweiten Bestrahlungsvorgang zu unterschiedlichen Zeitpunkten vornehmen. Beispiel 1 kann den ersten Bestrahlungsvorgang auf den Bereich S1 unter Anwendung der Hauptstrahlvorrichtung 80 vornehmen, während der zweite Bestrahlungsvorgang auf den Bereich S2 unter Anwendung der Neben-Strahlvorrichtung 93 vorgenommen wird, wobei diese anschließend ausgetauscht werden können.

Die vorbeschriebenen Schritte – der Ablagerungsschritt, der Bestrahlungsschritt unter Anwendung der Laserstrahlen M1, M2 – härten die Sandschicht 50, um die feste Schicht 10 zu bilden. Wiederholungen des Ablagerungsschritts und des Bestrahlungsschritts gestatten es, die feste Schicht 10 schichtweise aufeinanderzuschichten, um den dreidimensionalen geschichteten Gegenstand 1 herzustellen.

Beispiel 2

Fig. 13 zeigt Beispiel 2, in welchem ein befestigter Rahmen 6 einen Hubtisch 60 hat, der mittels einer Hubeinrichtung 61 in Richtungen Y1, Y2 angehoben und gesenkt werden kann. Eine Ablagerungsvorrichtung 7 zum Ablagern von harzbeschichtetem Sand 50c ist angeordnet, um in einer Richtung C1, einer Sandablagerungsrichtung, und in einer Richtung C2, einer Rückführrichtung, horizontal bewegt zu

werden. Eine Hauptstrahlvorrichtung 80 ist zur Ablenkung über dem befestigten Rahmen 6 angeordnet. Es ist eine Hauptlaserquelle 82 (CO₂-Laser mit großer Leistung: 1000 W, Strahldurchmesser: 5 mm) angeordnet, um über Reflektierspiegel 81 einen dicken Laserstrahl M1 auf die Hauptstrahlvorrichtung 80 auszustrahlen.

Eine Vielzahl von Neben-Strahlvorrichtungen 93 ist über dem befestigten Rahmen 6 angeordnet. Es ist eine Vielzahl von Neben-Laserquellen 94 (CO₂-Laser mit geringer Leistung: 50 W, Strahldurchmesser: 0,2 mm) angeordnet, um den dünnen Laserstrahl auf die Neben-Strahlvorrichtung 93 auszustrahlen.

Beispiel 2 kann den ersten Bestrahlungsvorgang zum Ausstrahlen des dicken Laserstrahls M1 zu einem bestimmten Bereich der Sandschicht 50 unter Anwendung der Hauptstrahlvorrichtung 80 vornehmen. Ebenso kann es den zweiten Bestrahlungsvorgang zur Bestrahlung des dünnen Laserstrahls M2 zu einem anderen bestimmten Bereich der Sandschicht 50 unter Anwendung der Neben-Strahlvorrichtungen 93 vornehmen. In diesem Fall ist die Ablenkungsgeschwindigkeit des dünnen Laserstrahls größer als die des dicken Laserstrahls.

In Beispiel 2, in welchem kein bewegbarer XY-Schreiber verwendet wird, wird eine Störung des Laserstrahls und des XY-Schreibers vermieden, um den ersten Bestrahlungsvorgang und den zweiten Bestrahlungsvorgang gleichzeitig vorzunehmen. Falls notwendig kann das Beispiel 2 den ersten Bestrahlungsvorgang und den zweiten Bestrahlungsvorgang zu unterschiedlichen Zeitpunkten vornehmen.

Beispiel 2 hat eine Vielzahl von Neben-Strahlvorrichtungen 93, die es gestatten, daß der dünne Laserstrahl mit einer Vielzahl von Strahldurchmessern festgelegt wird. In Beispiel 2 kann nämlich eine der Neben-Strahlvorrichtungen 93 den dünnen Laserstrahl zu einem Hautabschnitt des geschichteten Gegenstands ausstrahlen, wobei eine andere der Neben-Strahlvorrichtungen 93 einen übermäßig dünnen Laserstrahl zu einem an der Oberfläche gelegenen Hautabschnitt des geschichteten Gegenstands ausstrahlen kann.

Beispiel 3

Fig. 14 zeigt Beispiel 3, in welchem eine gemeinsame Hauptquelle 82a sowohl den dicken Laserstrahl als auch den dünnen Laserstrahl zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausstrahlt. In Beispiel 3 hat ein befestigter Rahmen 6 einen Hubtisch 60, der mit Hilfe einer Hubeinrichtung 61, wie etwa ein Zylinderrtriebwerk oder ein Motortriebwerk, angehoben und gesenkt werden kann. Eine Ablagerungsvorrichtung 7 zum Ablagern von harzbeschichtetem Sand 50c ist angeordnet, um in einer Richtung C1, einer Sandablage-
50 richtung, und in einer Richtung C2, einer Rückführ- richtung, bewegt zu werden. Die Ablagerungsvorrichtung 7 hat einen Behälter 70, der den harzbeschichteten Sand 50c speichert, einen drehbaren Schneideroller 71, der an den Boden des Behälters 70 angeordnet ist, eine Abstreichplatte 72, die zum Behälter 70 benachbart ist, und eine Antriebsquelle 77 zum Bewegen des Behälters 70 in den Richtungen C1, C2. Die Antriebsquelle 77 ist unter Anwendung eines Zylinderrtriebwerks oder eines Motortriebwerks strukturiert.

Eine Hauptstrahlvorrichtung 80 ist über dem befestigten Rahmen 6 zum Ausstrahlen eines dicken Laserstrahls M1 mit einem großen Strahldurchmesser angeordnet und hat einen (nicht gezeigten) Einbau-Drehspiegel zum fortlaufenden Ändern eines Ausstrahlwinkels. Es ist eine gemeinsame Laserquelle 82a (CO₂-Laser mit großer Leistung: 5 kW–10 kW) angeordnet, um einen Laserstrahl über Reflektierspiegel 81a–81c zu der Hauptstrahlvorrichtung 80 auszustrahlen. Eine bewegbare Strahlteilungseinrichtung
65

100 ist zwischen der Laserquelle 82a und der Hauptstrahlvorrichtung 80 angeordnet. Die Laserteilungseinrichtung 100 hat einen Strahlteiler 101, der mittels eines Halbspiegels, einer Strahldurchmesseranpassungslinse 102 und einem Schlauch 103 strukturiert ist. Die Strahldurchmesseranpassungslinse 102 hat eine Funktion, die den Strahldurchmesser in den Bereich von 5 bis 0,2 mm einstellen kann. Die Antriebsquelle 106 bewegt die Strahlteilungseinrichtung 100 in den Richtungen E1, E2, um die Strahlteilungseinrichtung 100 bezüglich eines Laserstrahlenganges Le vor- und davon zurückzuziehen. Ein strahlungsabsorbierendes Werkzeug 130 mit einem Kühlabschnitt 130w ist nahe der Strahlteilungseinrichtung 100 angeordnet. Das strahlungsabsorbierende Werkzeug 130 ist ausgebildet, indem ein metallischer Körper, wie etwa ein Aluminiumkörper, mit einer absorbierenden Beschichtung überzogen wird, wobei es eine Wirkung zum Absorbieren eines Laserstrahls hat. Die Absorbierbeschichtung kann aus Alunit, Graphit und manganhaltigem Phosphat oder dergleichen gebildet sein.

Eine Steuereinrichtung 200 steuert die Laserquelle 82a über eine Signalleitung 81r, die Antriebseinrichtung 106 über eine Signalleitung 106r, die Hauptstrahlvorrichtung 80 über eine Signalleitung 80r, die Antriebsquelle 77 über eine Signalleitung 77r und die Hubeinrichtung 61 über eine Signalleitung 61r.

In Beispiel 3 wird eine Ablagerungsvorrichtung 7 entlang der Leitungsschiene 77 in der Richtung C1 bewegt, während der Schneideroller 71 gedreht wird. Die Ablagerungsvorrichtung 7 entlädt den harzbeschichteten Sand 50c von einem Auslaß 75 über Nuten 71c des Schneiderollers 71 nach außen, wodurch der harzbeschichtete Sand 50c an einer oberen Oberfläche des Hubtisches 60 abgelagert wird, um eine Sandschicht 50 zu bilden. Die Abstreichplatte 72 wird mit dem Behälter 70 in die gleiche Richtung bewegt, wodurch eine obere Oberfläche der Sandschicht 50 abgeglichen wird. Nach einer derartigen Ablagerung kehrt die Ablagerungsvorrichtung 7 in der Richtung C2 zurück, wodurch der Ablagerungsschritt beendet wird.

In Beispiel 3 treibt die Antriebsquelle 106 zunächst – um den dünnen Laserstrahl M2 zu erhalten – die Strahlteilungseinrichtung 100 in der Richtung E1 an, um sie in den Laserstrahlengang Le zu bringen. Wenn der Laserstrahl M von der Laserquelle 82a ausgestrahlt wird, erreicht der Laserstrahl M den Strahlteiler 101 der Strahlteilungseinrichtung 100 über die Strahlanpassungseinrichtung 82x und den Reflektierspiegel 81a. Demnach wird der Laserstrahl M in zwei Laserstrahlen MA, MB aufgeteilt. Der aufgeteilte Laserstrahl MA wird mittels des Strahlabsorbierwerkzeugs 130 absorbiert. Der Strahldurchmesser des aufgeteilten Laserstrahls MB wird mittels der Strahldurchmesser-Anpassungslinse 102 angepaßt und erreicht über die Reflektierspiegel 81b, 81c die Hauptstrahlvorrichtung 80. Demnach strahlt die Hauptstrahlvorrichtung 80 den dünnen Laserstrahl M2 mit einem kleinen Durchmesser zu einem bestimmten Bereich in der Sandschicht 50 aus.

Nach dem Ausstrahlen des dünnen Laserstrahls M2 strahlt die Hauptstrahlvorrichtung 80 den dicken Laserstrahl M1 mit einem großen Durchmesser aus. Für einen solchen Fall treibt die Antriebsquelle 106 die Strahlteilungseinrichtung 100 umgekehrt in der Richtung E2 an, um diese von dem Laserstrahlengang Le zurückzuziehen. Der von der Laserquelle 82a ausgestrahlte Laserstrahl M erreicht über die Reflektierspiegel 81a, 81b, 81c die Hauptstrahlvorrichtung 80. Demnach strahlt die Hauptstrahlvorrichtung 80 den einen großen Strahldurchmesser aufweisenden dicken Laserstrahl M1 auf einen weiteren bestimmten Bereich in der Sandschicht 50 aus. Da in einem solchen Fall die Laserteilungseinrichtung 100 von dem Laserstrahlengang Le zu-

rückgezogen wird, geht der Laserstrahl nicht durch die Laserteilungseinrichtung 100.

Mit anderen Worten zeigt Beispiel 3 die folgenden Schritte (A) bis (E) an:

- (A) den Sandablagerungsschritt;
- (B) den Schritt, in welchem der dünne Laserstrahl M2 als ein Ablenkstrahl auf die Hautschicht des geschichteten Gegenstands ausgestrahlt wird;
- (C) den Schritt, in welchem die Strahlteilungseinrichtung 100 von dem Laserstrahlengang Le zurückgezogen wird;
- (D) den Schritt, in welchem der dicke Laserstrahl M1 in den inneren Teil des geschichteten Gegenstands ausgestrahlt wird;
- (E) den Schritt, in welchem die Strahlteilungseinrichtung 100 in den Laserstrahlengang Le gebracht wird.

Die vorbeschriebenen Schritte – der Ablagerungsschritt, der Ausstrahlungsschritt unter Anwendung der Laserstrahlen M1, M2 – härten die Sandschicht 50, um die feste Schicht zu bilden. Wiederholungen des Ablagerungsschritts und des Bestrahlungsschritts gestatten es, daß die feste Schicht 10 schrittweise aufeinander geschichtet wird, um den dreidimensionalen geschichteten Gegenstand 1 herzustellen.

Ein Ausstrahlen des dicken Laserstrahls, beispielsweise mit einem Strahldurchmesser von 5 mm, erfordert es, daß die Laserquelle 82a eine große Leistungsenergie aufweist. Ein Ausstrahlen des dünnen Laserstrahls, beispielsweise mit einem Strahldurchmesser von 0,2 mm, erfordert es, daß die Laserquelle 82a eine kleine Leistungsenergie aufweist.

Wenn die Laserquelle mit einer großen Leistungsenergie bei einer geringen Leistungsenergie verwendet wird, wird die Laserquelle in ihrem Betrieb manchmal instabil, und zwar in Abhängigkeit von den Arten der Laserquelle. Wenn beispielsweise, obwohl eine Laserquelle eine Leistungsenergie von 1000 W und einen Strahldurchmesser von 5 mm hat, eine Leistungsenergie der Laserquelle auf eine Leistungsenergie von 50 W – ein Leistungsverhältnis von 1/20 – gesenkt wird, zeigt die Laserquelle manchmal eine Schwingungsinstabilität. Auch in diesem Fall ist der Strahldurchmesser von 0,2 mm bis 5 mm zu reduzieren, so daß ein Strahldurchmesserverhältnis von 1/25 erhalten wird.

Beim Ausstrahlen des dünnen Laserstrahls gestattet es Beispiel 3, daß der Laserstrahl durch die Strahlteilungseinrichtung 100 geht, ohne die Leistungsenergie der Laserquelle 82a zu senken. Als ein Ergebnis gestattet es Beispiel 3, daß der dünne Laserstrahl sicher erzeugt wird, während die Laserquelle 82a schwingungsstabil gehalten wird.

Beispiel 4

Fig. 15 zeigt Beispiel 4, in welchem ein dünner Laserstrahl und ein dicker Laserstrahl, die von einem Laserstrahl abgeteilt worden sind, gleichzeitig unter Anwendung einer gemeinsamen Laserquelle 82a ausgestrahlt werden. Die Struktur in Beispiel 4 entspricht der im Beispiel 3 gemäß Fig. 14. In Beispiel 4 treibt die Antriebsquelle 106 die Laserteilungseinrichtung 100 in der Richtung E1 an, um diese in den Laserstrahlengang Le zu setzen. Der Laserstrahl M, der von der Laserquelle 82a ausgestrahlt wird, erreicht den Strahlteiler 101 der Strahlteilungseinrichtung 100 über die Strahlanpassungseinrichtung 82x und den Reflektierspiegel 81a. Demnach wird der Laserstrahl M in zwei Laserstrahlen, nämlich den dicken Laserstrahl M1 und den dünnen Laserstrahl M2, geteilt. Das Energieteilungsverhältnis kann wie folgt sein:

Dicker Laserstrahl M1 : dünner Laserstrahl M2 =

(9 : 1) – (7 : 3).

Der geteilte dicke Laserstrahl M1 wird mittels der Strahldurchmesser-Anpassungslinse 102 angepaßt und erreicht die Hauptstrahlvorrichtung 80 über die Reflektierspiegel 81b, 81c. Somit wird der dicke Laserstrahl M1 auf einen bestimmten Bereich der Sandschicht 50 ausgestrahlt. Der aufgeteilte dünne Laserstrahl M2 wird mittels des Reflektierspiegels 81k reflektiert und mittels der strahldurchmesser-Anpassungslinse 112 angepaßt und erreicht die Neben-Strahlvorrichtung 93 über die Reflektierspiegel 81m, 81n. Demnach strahlt die Neben-Strahlvorrichtung 93 den dünnen Laserstrahl M2 zu einem anderen bestimmten Bereich in der Sandschicht 50 aus. In dieser Weise teilt Beispiel 4 den Laserstrahl M, der von der gemeinsamen Laserquelle 82a ausgestrahlt wurde, in den dicken Laserstrahl M1 und den dünnen Laserstrahl M2, und zwar mittels der Strahlteilungseinrichtung 100, wodurch der dicke Laserstrahl M1 und der dünne Laserstrahl M2 gleichzeitig verwendet werden. Daher ist Beispiel 4 vorteilhaft in der Anwendung des Laserstrahls, ohne auf den verbleibenden Laserstrahl zu verzichten.

Weitere Beispiele

Jedes der vorbeschriebenen Beispiel hat einen Strahlteiler 101; jedoch können weitere Beispiele eine Vielzahl von Strahlteilern 101 haben, um einen Strahldurchmesser des Laserstrahls in großem Maße zu verringern. Dies erzeugt effektiv den dünnen Laserstrahl mit der Stabilität der Laserquelle 82a.

Es ist ein Verfahren zum wechselweisen Wiederholen eines Ablagerungsschritts und eines Bestrahlungsschritts offenbart worden, so daß zur Herstellung eines dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1 feste Schichten 10 in einer Dickenrichtung aufeinander geschichtet werden. In einem Bestrahlungsschritt wird eine Ablagerungsschicht zur Bildung der festen Schicht 10 mit einem Laserstrahl bestrahlt. Der Bestrahlungsschritt hat die folgenden Arbeitsschritte, wonach einem Hautabschnitt des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1 und einem inneren Abschnitt des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1 ein unterschiedlicher Laserstrahldurchmesser zugewiesen wird; und zur Formung des inneren Abschnitts des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands 1 ein dicker Laserstrahl mit einem großen Durchmesser und zur Formung des Hautabschnitts des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands ein dünner Laserstrahl mit einem Durchmesser, der kleiner ist als der des dicken Laserstrahls, ausgestrahlt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum wechselweisen Wiederholen eines Ablagerungsschritts und eines Bestrahlungsschritts, so daß zur Herstellung eines dreidimensionalen geschichteten Gegenstands feste Schichten in einer Dickenrichtung aufeinander geschichtet werden, wobei im Ablagerungsschritt ein Material, das unter Aufnahme eines Laserstrahls als die feste Schicht ausbildbar ist, zur Bildung einer Ablagerungsschicht abgelagert wird, im Bestrahlungsschritt die Ablagerungsschicht zur Bildung der festen Schicht mit dem Laserstrahl bestrahlt wird, und der Bestrahlungsschritt die folgenden Arbeitsschritte aufweist, wonach einem Hautabschnitt des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands und einem inneren Abschnitt des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands ein un-

terschiedlicher Laserstrahldurchmesser zugewiesen wird; und

zur Formung des inneren Abschnitts des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands ein dicker Laserstrahl mit einem großen Durchmesser und zur Formung des Hautabschnitts des dreidimensionalen geschichteten Gegenstands ein dünner Laserstrahl mit einem Durchmesser, der kleiner ist als der des dicken Laserstrahls, ausgestrahlt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Ablenkungsgeschwindigkeit des dünnen Laserstrahls größer ist als eine Ablenkungsgeschwindigkeit des dicken Laserstrahls.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der dicke Laserstrahl und der dünne Laserstrahl mittels einer gemeinsamen Laserquelle zugeführt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei an einem Laserstrahlengang eine Strahlteilungseinrichtung angeordnet ist, durch die von der gemeinsamen Laserquelle ein Laserstrahl zugeführt wird, und die Strahlteilungseinrichtung in den Laserstrahlengang vor- und davon zurückziehbar ist; wobei

der dünne Laserstrahl erzeugt wird, indem der von der gemeinsamen Laserquelle zugeführte Laserstrahl unter Anwendung der in den Laserstrahlengang vorgezogenen Strahlteilungseinrichtung in eine Vielzahl von Strahlen geteilt wird; und

der dicke Laserstrahl erzeugt wird, indem die Strahlteilungseinrichtung von dem Laserstrahlengang zurückgezogen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der dicke Laserstrahl unter Anwendung einer Laserquelle zugeführt wird, und der dünne Laserstrahl unter Anwendung einer anderen Laserquelle zugeführt wird.

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 1

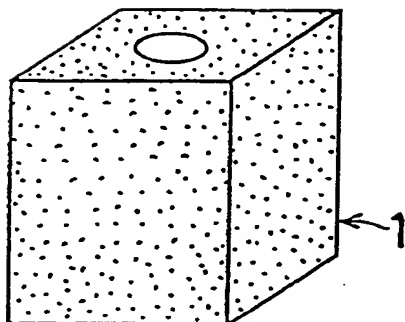


FIG. 2

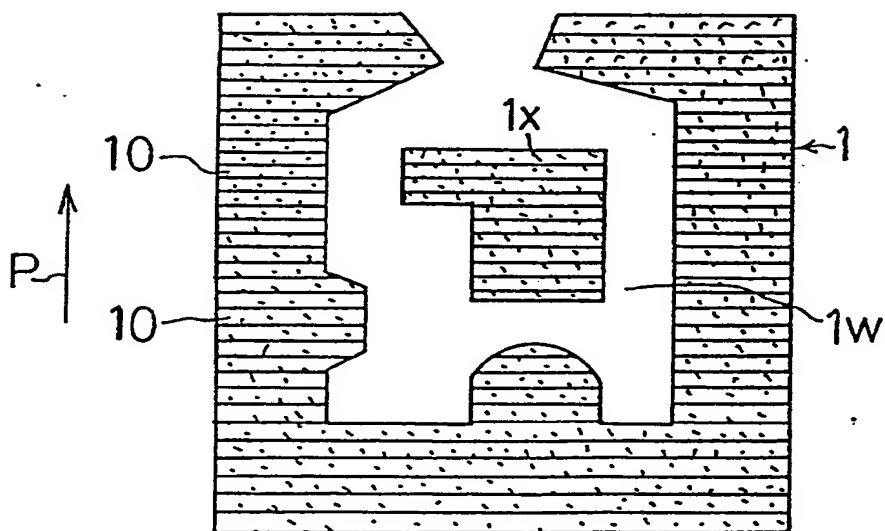


FIG. 3

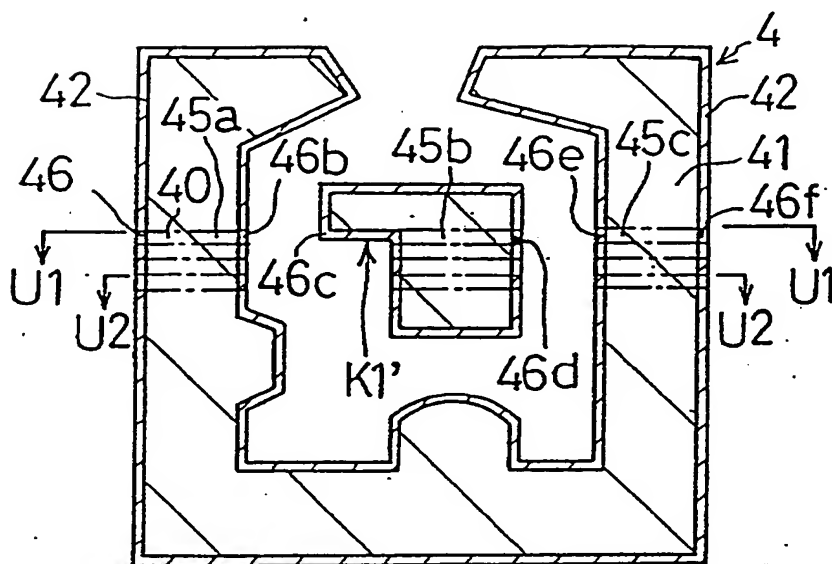


FIG. 4

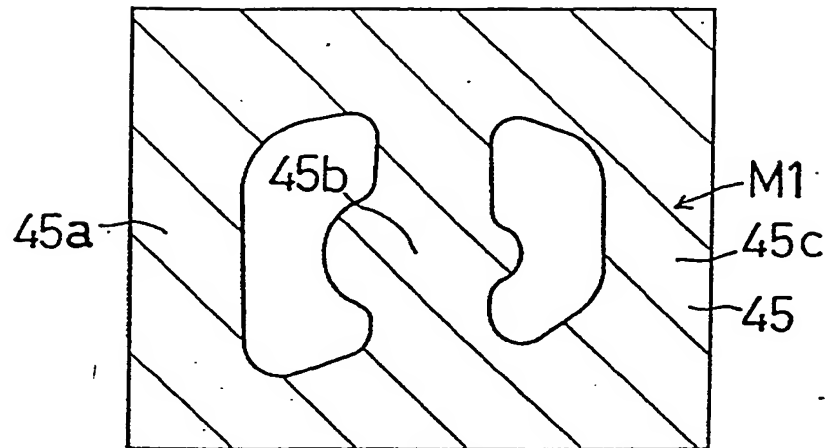


FIG. 5

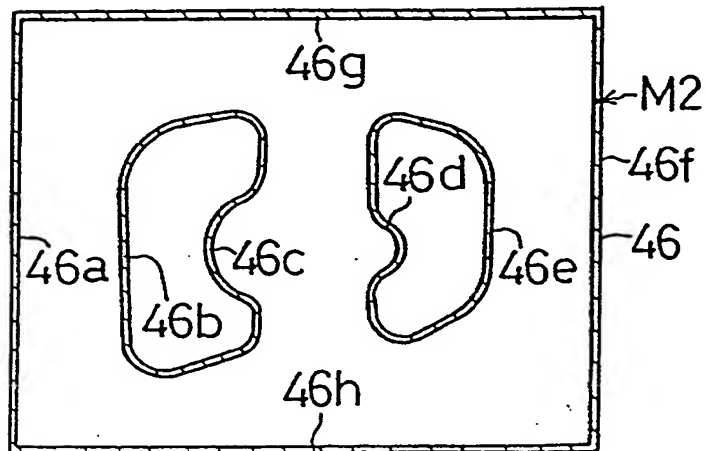


FIG. 6

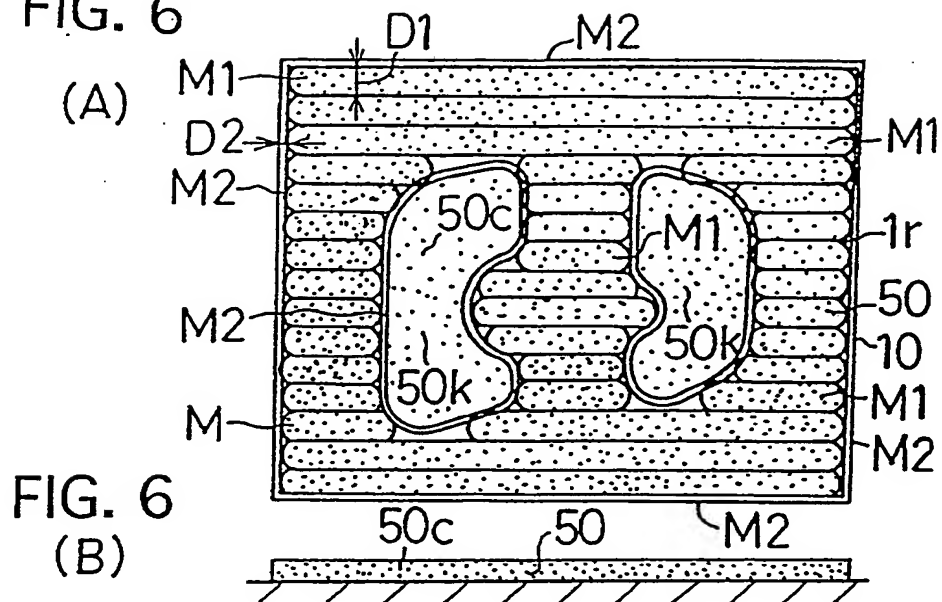


FIG. 7

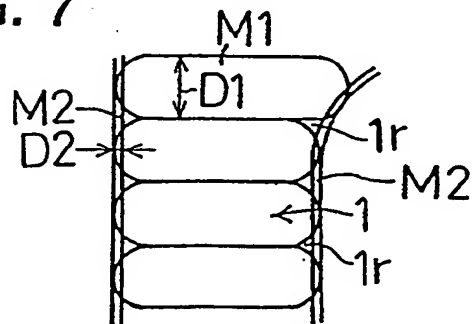


FIG. 8

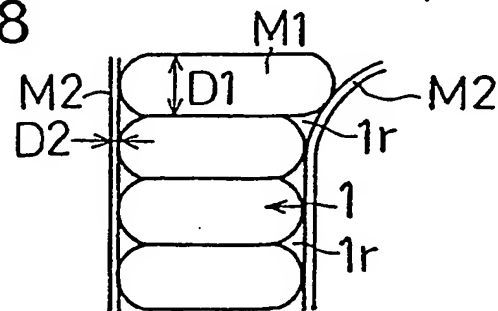


FIG. 9 (A)

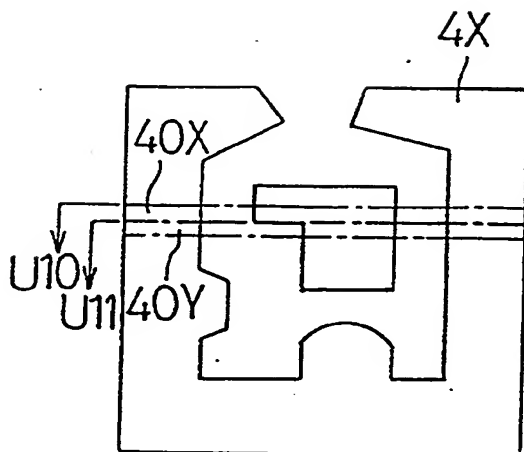


FIG. 9(B)

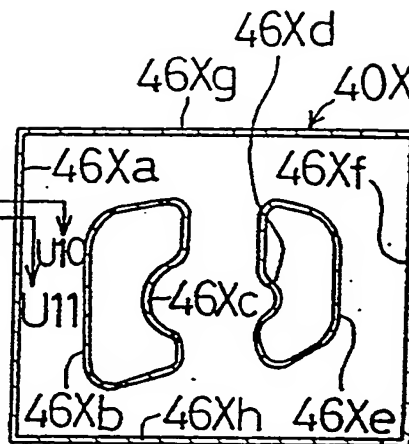


FIG. 9(C)

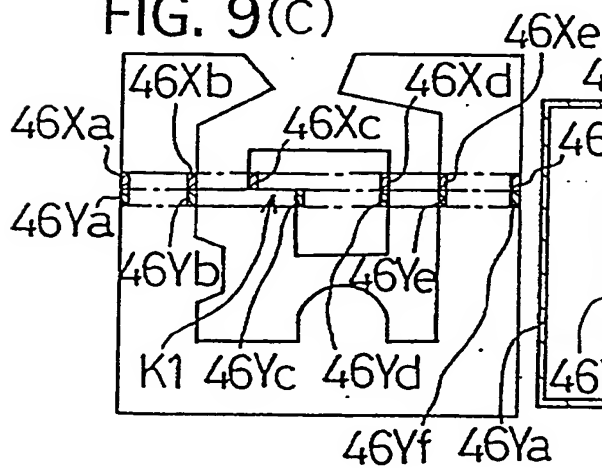


FIG. 9(D)

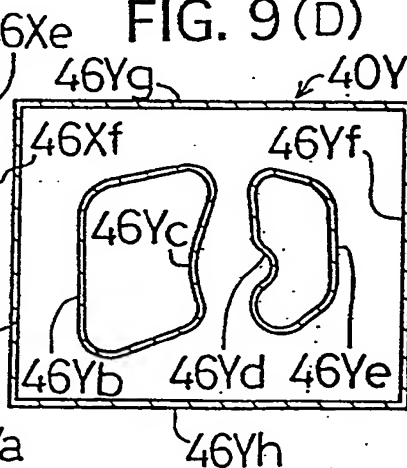


FIG. 10

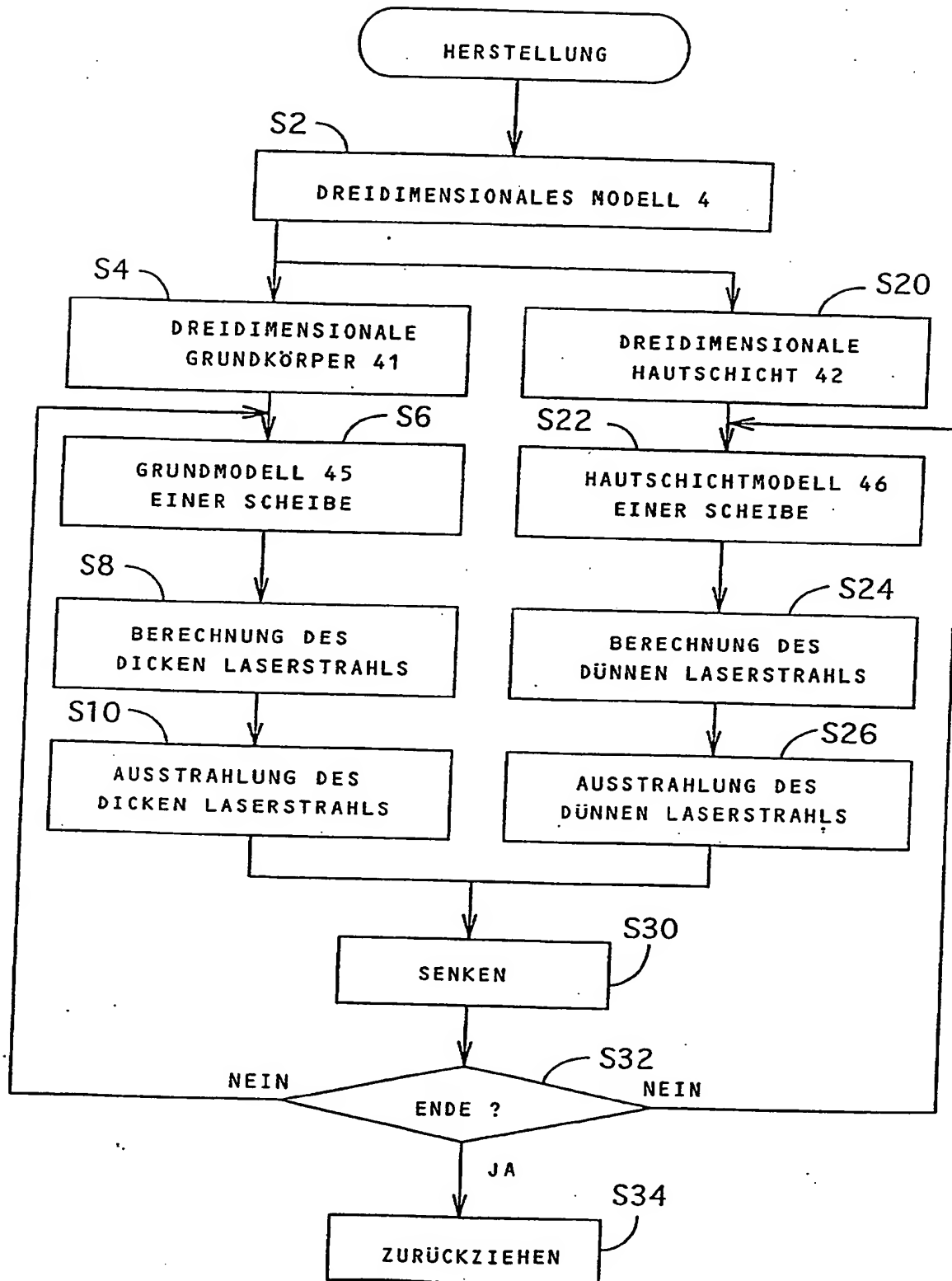


FIG. 11

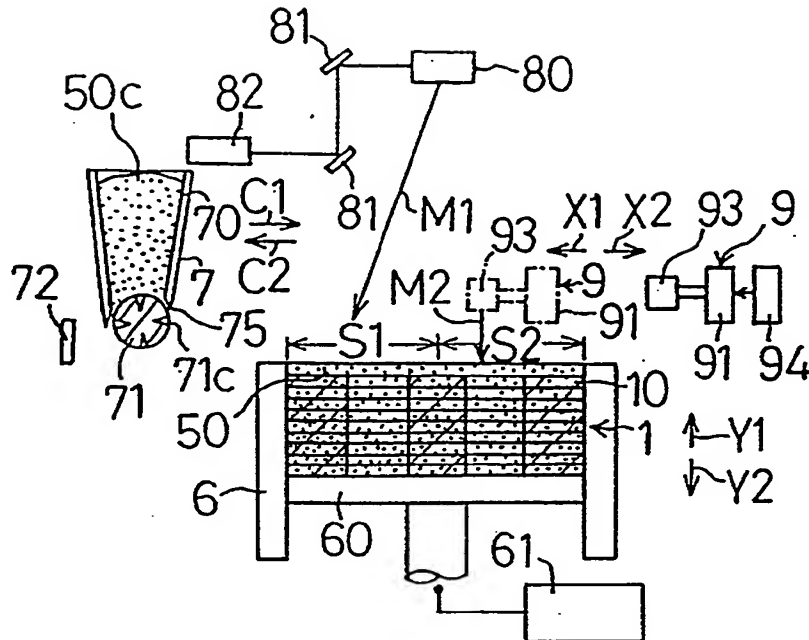


FIG. 12

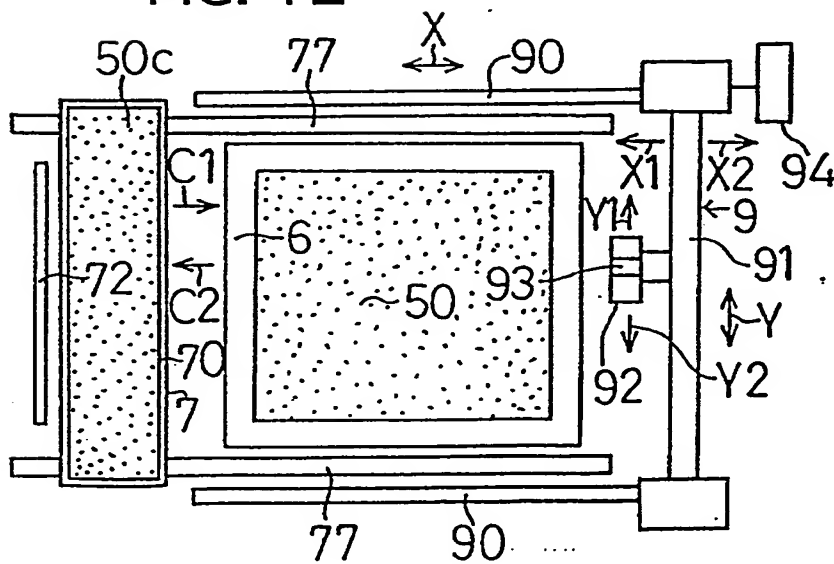


FIG. 13

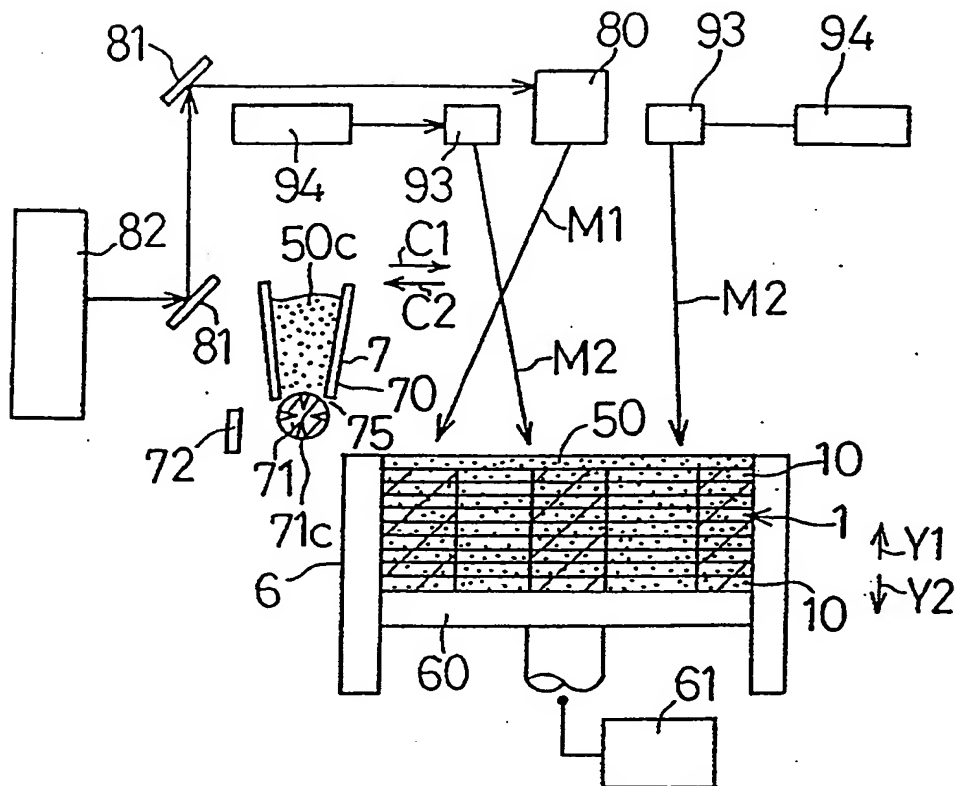


FIG. 15

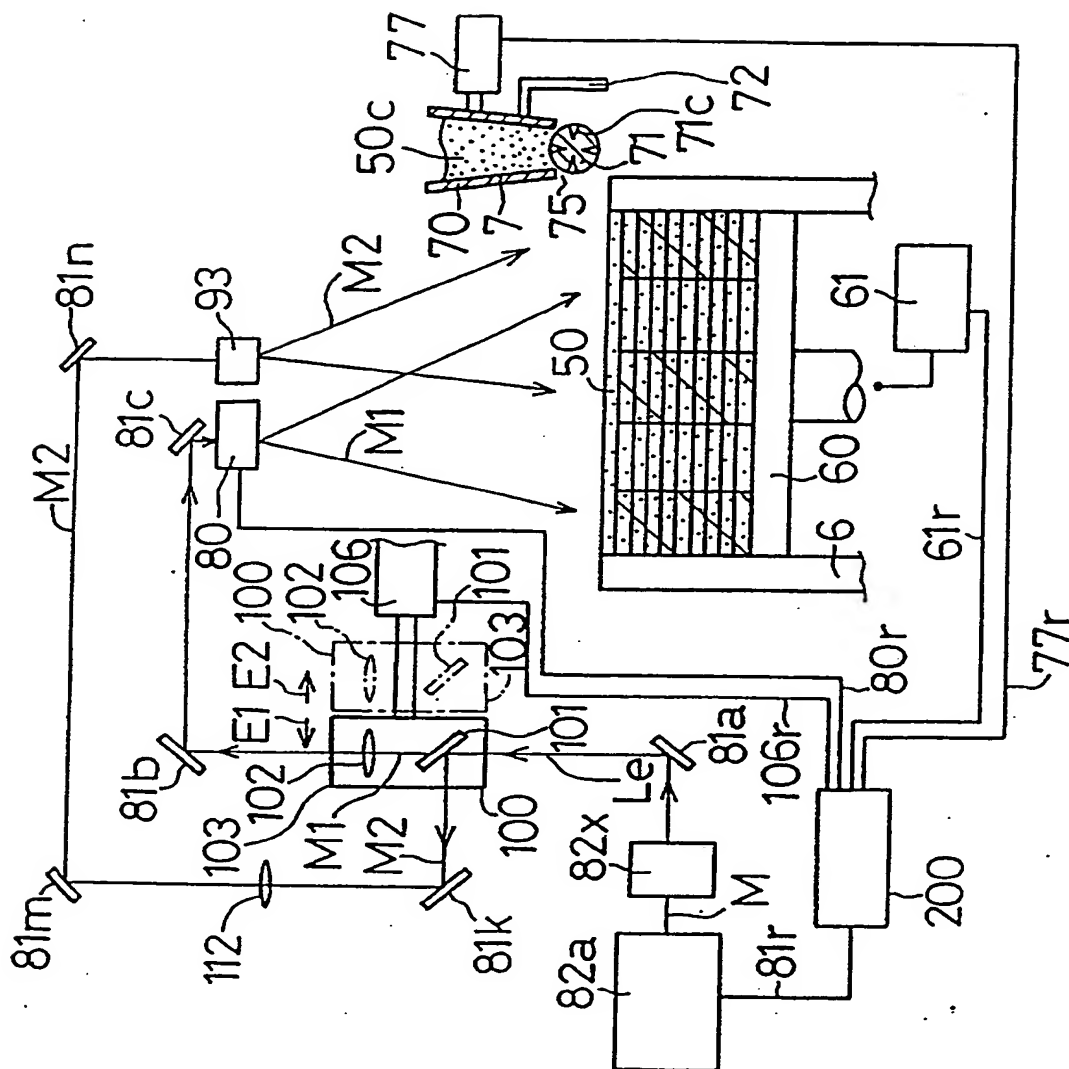


FIG. 16

(STAND DER TECHNIK)

